



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor Brian Yulianto

**MATERIAL NANO UNTUK APLIKASI SENSOR
LINGKUNGAN, KESEHATAN DAN ENERGI**

16 Maret 2019
Aula Barat Institut Teknologi Bandung

**Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**
16 Maret 2019

Profesor Brian Yulianto

**MATERIAL NANO UNTUK APLIKASI SENSOR
LINGKUNGAN, KESEHATAN DAN ENERGI**



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: MATERIAL NANO UNTUK APLIKASI SENSOR LINGKUNGAN,
KESEHATAN DAN ENERGI
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB,
tanggal 16 Maret 2019.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak Cipta ada pada penulis
Data katalog dalam terbitan

Brian Yulianto
MATERIAL NANO UNTUK APLIKASI SENSOR LINGKUNGAN, KESEHATAN
DAN ENERGI
Disunting oleh Brian Yulianto

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2019

vi+46 h., 17,5 x 25 cm

ISBN 978-602-6624-27-7

1. Material Fungsional Maju 1. Brian Yulianto

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, bahwasanya atas berkat dan rahmatNya, saya dapat menyelesaikan naskah orasi ilmiah ini. Penghargaan dan rasa hormat serta terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pimpinan dan anggota Forum Guru Besar Institut Teknologi Bandung, atas perkenannya saya menyampaikan orasi ilmiah ini pada Sidang Terbuka Forum Guru. Kami sampaikan penghormatan yang tinggi untuk seluruh rekan-rekan dosen di lingkungan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung. Demikian juga rekan-rekan di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi atas kebersamaan dan sinergi yang sangat baik dalam melakukan penelitian. Kami juga sampaikan ucapan terimakasih untuk seluruh anggota Laboratorium AFM Teknik Fisika, atas segala kerja keras tanpa kenal lelah sehingga berbagai penelitian berkelas dunia dapat dijalankan dengan baik. Terakhir tentu untuk keluarga di rumah, Levy, Rania, Raisya dan Raqia untuk canda tawa yang selalu menyegarkan, serta para orang tua dan seluruh keluarga besar.

Semoga tulisan ini dapat memberikan wawasan, dan inspirasi yang bermanfaat bagi para pembaca..

Bandung, 16 Maret 2019

Brian Yulianto

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
1. PENDAHULUAN	1
2. SENSOR GAS BERBASIS MATERIAL METAL STRUKTUR NANO DAN MODIFIKASINYA	3
3. SENSOR KESEHATAN BERBASIS MATERIAL STRUKTUR NANO	11
4. PENGEMBANGAN SOLAR SEL GENERASI KETIGA BERBASIS MATERIAL NANO	18
5. PENUTUP	23
6. UCAPAN TERIMA KASIH	26
DAFTAR PUSTAKA	27
CURRICULUM VITAE	33

MATERIAL NANO UNTUK APLIKASI SENSOR LINGKUNGAN, KESEHATAN DAN ENERGI

1. PENDAHULUAN

Rekayasa material untuk berbagai aplikasi memegang peranan yang penting untuk kemajuan yang sangat pesat pada kurun 20 tahun terakhir ini. Berbagai aplikasi mulai dari peralatan elektronika, optik, sensor, penyimpanan energi, konstruksi sipil, mekanika, bahkan termal terus berkembang akibat rekayasa yang dilakukan pada material fungsional untuk berbagai aplikasi tersebut. Perkembangan yang lebih signifikan dan lebih luas selanjutnya terjadi seiring dengan munculnya rekayasa material pada skala nano yang kemudian dikenal secara luas sebagai teknologi nano (Taniguchi, 1996; Cao, 2004; Vilarinho, 2005). Teknologi nano pada dasarnya merupakan teknologi yang mampu memodifikasi suatu material pada orde nano dimana pada orde nano ini sifat-sifat dasar bahan/substansi dapat difungsikan untuk aplikasi yang diinginkan (Drexler, 1986; Buentello, 2005). Teknologi nano memungkinkan suatu sistem bekerja dengan sangat efektif karena seluruh komponen/material penyusunnya memiliki property/sifat dasar yang optimal pada ukuran nano tersebut (Rajaram, 2005). Inilah mengapa rekayasa material pada ukuran nano atau yang dikenal sebagai material nano berkembang dengan sangat pesat baik pada ranah penelitian dasar, terapan hingga aplikasi teknologi komersial di industri (Schulte, 2005; Miyazaki, 2007). Saat ini semua negara maju telah memasukkan penguasaan teknologi nano sebagai focus penelitian dan inovasi negara-negara tersebut

mengingat strategisnya riset dibidang teknologi nano ini. Indonesia sendiri telah memasukkan penguasaan teknologi nano dalam Fokus Penelitian Indonesia seperti yang telah tertuang pada Rencana Induk Riset Nasional Tahun 2017-2045 (RISTEKDIKTI, 2017). Laboratorium Fungsional Material Maju di Teknik Fisika ITB sejak 2006 telah mengembangkan berbagai rekayasa material nano untuk aplikasi pada sensor dan energi. Rekasaya material nano membutuhkan kecermatan pada pengamatan untuk melihat struktur dan morfologi material pada skala nano. Disinilah tingkat kesulitan pada penelitian dan rekyasa material nano mengingat peralatan untuk pemantauan skala nano bukanlah instrument yang mudah ditemukan di Indonesia serta harganya juga tidak murah. Menjalankan penelitian material nano membutuhkan strategi penelitian yang tidak mudah mengingat berbagai keterbatasan yang ada pada saat itu. Kerjasama antara peneliti di Indonesia, jejaring penelitian dengan universitas di LN, serta metode synthesis dan fabrikasi material nano yang sesuai dengan kondisi laboratorium di ITB menjadi kunci berjalannya penelitian material nano ini. Pendekatan proses basah (*wet synthesis process*) pada material nano menjadi teknik synthesis yang dipilih untuk menghasilkan material nano berbasis logam oksida. Karakterisasi material nano dengan berbagai instrument untuk mengetahui sifat-sifat struktur nano yang dihasilkan dilakukan dengan memanfaatkan kerja sama penelitian baik dalam lingkungan ITB, universitas lain dan lembaga penelitian seperti dengan UI, UPI, UNPAD serta LIPI dan BPPT. Peralatan karakterisasi seperti X-ray diffraction, SEM, TEM, FTIR, UV VIS, Nitrogen absorption desorption dan lainnya menjadi instrument utama untuk mengungkap sifat dan karaktersitik material

nano sehingga seluruh material yang dihasilkan akan terkonfirmasi sifat-sifatnya secara kuantitatif dan kualitatif. Karakterisasi ini merupakan bagian yang sangat vital dalam penelitian material nano untuk dapat memastikan fungsionalisasi dari material nano tersebut dalam berbagai aplikasi sensor kimia, kesehatan dan energi. Material nano yang dihasilkan selanjutnya difabrikasi menjadi sebuah divais yang kemudian diuji performansinya sebagai sensor gas, sensor kesehatan dan material solar cell generasi ketiga. Pendirian Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN) jelas mendorong dengan sangat signifikan kemajuan penelitian material nano terutama karakterisasi material nano. Penelitian yang berjalan telah menghasilkan berbagai publikasi ilmiah pada jurnal bereputasi dunia, yang menunjukkan bahwa penelitian yang berjalan di ITB memang setara dan dapat bersaing dengan berbagai penelitian kelas dunia lainnya yang ada di kampus-kampus ternama di Luar Negeri. Dalam perkembangannya, karya inovasi berupa sistem monitoring kualitas udara dan air juga telah dihasilkan dari laboratorium AFM Teknik Fisika ITB. Pada bagian selanjutnya akan dijelaskan lebih detil bagaimana pengembangan material nano untuk aplikasi di bidang sensor gas, sensor kesehatan, serta solar cell untuk pembangkitan energi listrik.

2. SENSOR GAS BERBASIS MATERIAL METAL STRUKTUR NANO DAN MODIFIKASINYA

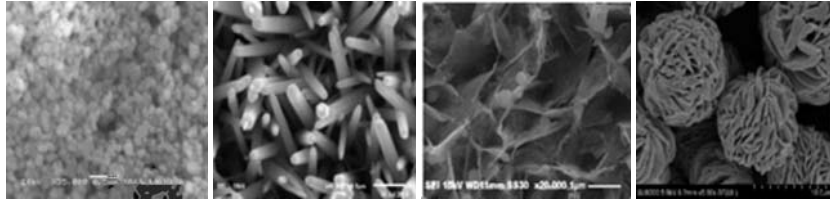
Permasalahan lingkungan merupakan isu global yang telah mendapatkan perhatian serius hampir setiap negara di dunia. Tingginya

kerusakan dan bahkan kematian yang disebabkan oleh polusi udara telah memaksa banyak negara untuk melakukan tindakan mengurangi polusi di udara tersebut (WHO, 2019). Bagian penting dari proses pengurangan polusi udara adalah monitoring kondisi udara sehingga dapat diukur besarnya konsentrasi gas polutan yang ada di udara. Divais utama untuk monitoring kualitas udara tersebut adalah sensor gas yang dapat mengukur secara akurat konsentrasi gas-gas di udara. Pengembangan sensor gas telah berlangsung lama di Laboratorium Material Teknik Fisika, bahkan sejak Tugas Akhir S1 di tahun 1999 kami telah mengerjakan pengembangan material untuk sensor gas, tentu dengan tingkat kesulitan yang masih sangat sederhana. Sensor gas merupakan salah satu alat atau instrument yang banyak digunakan dalam berbagai proses industri, maupun monitoring kesehatan udara serta untuk deteksi kesehatan tubuh manusia yang bertujuan mengidentifikasi suatu gas tertentu dengan konsentrasi tertentu. Pengembangan sensor gas semakin pesat ketika teknologi material nano juga berkembang karena pada ukuran nano, suatu material yang bertindak sebagai lapisan sensitive akan memiliki luas permukaan yang tinggi sehingga interaksi antara gas target dengan permukaan material nano yang sensitive menjadi semakin banyak.

Beberapa material berstruktur nano telah berhasil di fabrikasi sebagai sensor gas seperti silika mesoporous, ZnO, SnO₂, dan WO₃ dengan modifikasi dilakukan pada morfologi struktur nano serta doping noble material untuk meningkatkan performansi sensor gas nya. Material silika mesoporous merupakan material silika yang dengan membuatnya menjadi material berpori ukuran nano akan dapat memiliki luas

permukaan yang sangat besar. Meskipun memiliki keunggulan dalam hal luas permukaan yang sangat besar, namun sifat listrik material ini adalah insulator sehingga untuk dapat digunakan sebagai sensor silika nano pori disusun sebagai diode Metal Insulator dan Semikonduktor (MIS). Dioda MIS selanjutnya di stimulus dengan surface photovoltage (SPV) untuk dapat mengukur perubahan arus sebelum dan sesudah dipapar gas target. Kebaruan pendekatan ini mampu menghasilkan sensor dengan kemampuan deteksi pada rentang ppb untuk gas CO₂ [Yulianto, 2006].

Selanjutnya pengembangan sensor berbasis material nano dilakukan dengan melakukan sintesis oksida logam berstruktur nano. Oksida logam semikonduktor merupakan salah satu material yang dapat diaplikasikan sebagai material sensor gas. Hal ini disebabkan karena oksida logam memiliki sifat elektronik yang dapat berubah ketika berinteraksi dengan gas target. Salah satu oksida logam yang populer adalah Zinc Oxide (ZnO) karena sangat mudah untuk difabrikasi dan morfologinya sangat mudah untuk di atur. Morfologi yang sangat mudah di atur ini menjadi keunggulan tersendiri bagi ZnO karena morfologi sangat berkaitan erat dengan luas permukaan spesifik dimana semakin tinggi luas permukaan semakin banyak situs aktif yang tersedia untuk reaksi permukaan. Variasi morfologi ZnO telah disintesis di laboratorium Advanced Functional Materials (AFM) Teknik Fisika ITB dengan tujuan memperoleh material dengan sensitivitas dan selektivitas tinggi. Variasi morfologi tersebut diantaranya adalah nanorod, nanosheet, nanoflower, dan nanoparticles (Yulianto, 2015; Septiani, 2017; Yulianto, 2017; Septiani, 2017).

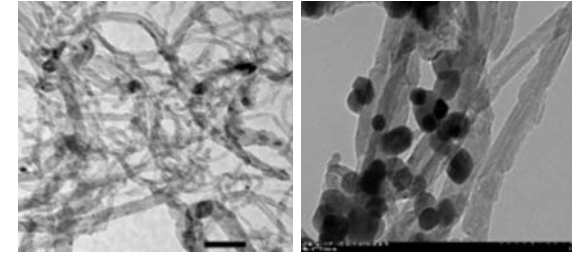


Gambar 1. Perbandingan struktur 0D, 1D, dan 3D dari material ZnO berstruktur nano

Perbedaan metode dan kehadiran katalis atau capping agent dapat menciptakan variasi morfologi ZnO yang dihasilkan, nol dimensi (0D), satu dimensi (1D), dua dimensi (2D), atau tiga dimensi (3D) seperti terlihat pada Gambar 1. ZnO dengan struktur nanorod dan nanosheet dapat disintesis dengan menggunakan metode yang sama yaitu Chemical Bath Deposition (CBD) dengan katalis yang berbeda. Zinc Nitrate Hexahydrate sebagai sumber zinc dengan konsentrasi 0.15 M dilarutkan ke dalam 40 mL campuran air dan ethanol dengan perbandingan 3:1 (Septiani, 2017). Untuk membentuk morfologi nanosheet, urea ditambahkan pada larutan, sedangkan untuk membentuk nanorod, hexamethyl tetramine ditambahkan pada larutan. Deposisi ZnO pada substrat seperti alumina atau gelas silika dilakukan dengan merendam substrat dengan ukuran tertentu di dalam larutan akhir dan dipanaskan pada oven tertutup pada temperatur dalam rentang 60-90°C selama minimal 12 jam. Berdasarkan hasil pengujian sensor gas, diketahui bahwa ZnO dengan struktur nanosheet memiliki sensitivitas tinggi terhadap ethanol sedangkan ZnO dengan struktur nanorod menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap gas SO₂. Metode CBD juga telah berhasil digunakan untuk mensintesis SnO₂ dengan berbagai jenis morfologi seperti nanocube, nanorod, dan

nanoparticle dimana katalis atau capping agent yang terlibat masing-masing memiliki struktur berbeda-beda. Jalur polyol melalui teknik refluks telah berhasil digunakan untuk membuat ZnO dengan struktur atau morfologi nanoparticle dengan ukuran kurang dari 30 nm. Pada proses sintesisnya, 23.7 mmol Zinc Nitrate Hexahydrate dilarutkan dalam 50 ml ethylene glycol dan kemudian di panaskan pada temperatur 197°C selama 12 jam dengan teknik refluks. Produk yang dihasilkan kemudian di kalsinasi pada temperatur 350°C selama 2 jam untuk menghilangkan sisa-sisa zat organik dalam sampel. Karakterisasi sifat material dilakukan sebelum pengujian sensor gas, diantaranya X-Ray Diffractometer, Scanning Electron Microscope, dan N₂ Adsorption Desorption Isotherm. Zinc Glycolate terbentuk setelah proses refluks, transformasi menjadi struktur kristal Wurzite Hexagonal terjadi setelah proses kalsinasi dengan tidak adanya impuritas yang terdeteksi pada pola difraksi hasil XRD. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM, nanopartikel dengan ukuran dalam rentang 20-30 nm terbentuk dengan kecenderungan untuk teraglomerasi. Nanopartikel ZnO memiliki luas permukaan 35 m²/g dimana nilai tersebut cukup kecil untuk diaplikasikan sebagai sensor gas. Deposisi ZnO diatas substrat alumina dilakukan sebelum pengujian sensor gas. Teknik doctor blade digunakan dalam pendeposisian ZnO dengan ethylene glycol sebagai binder. Tiga jenis gas yaitu ethanol, methanol dan toluene digunakan sebagai gas target. Berdasarkan hasil yang diperoleh, ZnO memiliki selektivitas yang rendah dan baru menunjukkan respon pada temperatur 200°C. Hasil tersebut membuat ZnO tidak dapat dikategorikan sebagai material sensor gas yang baik. Untuk meningkatkan selektivitasnya salah satu gas dan

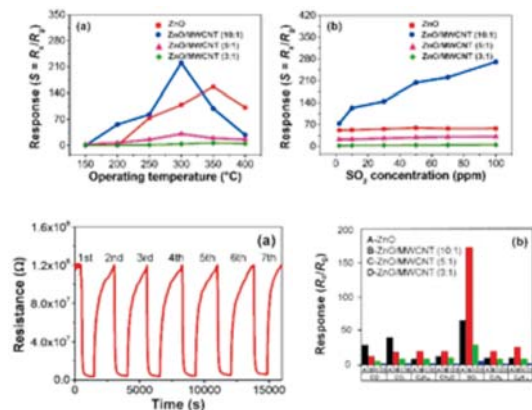
menurunkan temperatur kerjanya, multi wall carbon nanotube (MWCNT) ditambahkan selama proses sintesis. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya MWCNT terbukti dapat dimanfaatkan sebagai sensor gas. Variasi konsentrasi MWCNT ditambahkan pada ZnO untuk mencari konsentrasi optimal. Modifikasi dilakukan dengan memvariasikan perbandingan mol antara ZnO dan MWCNT yaitu 1:3, 1:1 dan 3:1. TEM pada Gambar 2 menunjukkan bahwa partikel ZnO menempel pada dinding MWCNT yang menunjukkan interaksi yang baik antar ZnO dan MWCNT. Berdasarkan hasil pengujian terhadap tiga gas di atas, seluruh sampel menunjukkan peningkatan selektivitas terhadap toluene. Selain itu, sampel dengan konsentrasi MWCNT yang tinggi menunjukkan respon yang paling tinggi pada temperatur di bawah 150°C yang menunjukkan MWCNT memiliki peran utama dalam mendeteksi toluene. Di atas 150°C, komposit dengan konsentrasi MWCNT rendah menunjukkan respon yang sangat tinggi terutama pada temperatur 300°C. Lebih jauh lagi, komposit dengan rasio Zn/C 3:1 menunjukkan respon yang relatif tinggi pada temperatur 150°C. Hasil-hasil tersebut di atas menunjukkan teknik refluks dengan medium EG berhasil digunakan untuk memproduksi komposit ZnO-MWCNT dan menghasilkan material sensitif toluene. Teknik yang sama juga digunakan untuk mensintesis komposit ZnO-Graphene dan SnO₂-Graphene. Kedua komposit tersebut terbukti menunjukkan respon dan selektivitas yang baik terhadap gas carbon monoxide (CO).



Gambar 2. TEM ZnO-MWCNT dengan rasio Zn/C 1:3 (kiri) dan 3:1 (kanan)

Metode solvothermal digunakan untuk mensintesis ZnO dengan struktur tiga dimensi untuk memperdalam pengaruh dari morfologi terhadap kinerja sensor gas. Struktur 3D pada umumnya disusun oleh partikel-partikel nano 0D atau 1D yang membuatnya memiliki luas permukaan dan porositas yang relatif lebih tinggi. Pada proses pembuatannya, 0,5 mmol Zinc nitrate dilarutkan pada 40 mL 2-propanol (Septiani, 2017). Glycerol sebagai capping agent ditambahkan sebanyak 8 mL pada larutan dan larutan akhir kemudian ditransfer ke teflon berukuran 100 mL dan dipanaskan di dalam oven pada temperatur 180°C selama 16 jam. Untuk mensintesis komposit, MWCNT dengan perbandingan rasio Zn/C 10:1, 5:1, dan 3:1 ditambahkan pada larutan sebelum proses solvothermal. Berdasarkan hasil XRD setelah proses solvothermal, Zinc Glycerate terbentuk dan transformasi ke dalam bentuk ZnO terjadi setelah proses kalsinasi pada temperatur 350°C. Struktur 3D dalam bentuk bola rajut dengan ukuran ~8 um terobservasi dengan SEM. ZnO dengan bentuk bola rajut tersusun dari partikel-partikel kecil berukuran nano ~20 nm. Berdasarkan hasil karakterisasi BET, ZnO memiliki luas permukaan spesifik sebesar 30 m²/g sebanding dengan ZnO

nanopartikel yang telah dihasilkan sebelumnya namun dengan volume pori yang lebih besar. Penambahan MWCNT yang memiliki luas permukaan spesifik sebesar $153 \text{ m}^2/\text{g}$ dapat meningkatkan luas permukaan ZnO. Komposit ZnO-CNT dengan rasio 10:1, 5:1, dan 3:1 memiliki luas permukaan spesifik masing-masing 42, 53, dan $58 \text{ m}^2/\text{g}$. Selain itu, kehadiran MWCNT pada ZnO bola rajut sedikit merubah morfologi ZnO dimana permukaan bola menjadi kasar dan ZnO nanoparticles berubah menjadi ZnO minirods dan sebagian minirods tersebut menempel pada dinding MWCNT. Serupa dengan hasil pengujian sensor gas sebelumnya, bahwa komposit dengan rasio 3:1 menunjukkan respon tertinggi pada temperatur 300°C yaitu 221 terhadap 70 ppm SO_2 , nilai ini tiga kali lipat dari respon ZnO pada temperatur dan gas target yang sama dimana temperatur optimal untuk ZnO murni adalah 350°C (Gambar.3).



Gambar 3. Hubungan response sensor dengan temperatur (a), sensitivitas(b), stabilitas (c), dan selektivitas (d) ZnO-MWCNT 10-1.

Selain itu, seluruh komposit sudah menunjukkan respon di atas temperatur 150°C sedangkan ZnO murni baru menunjukkan respon pada temperatur 250°C . ZnO-MWCNT 10-1 juga menunjukkan sensitivitas yang relatif baik, stabilitas yang tinggi dan selektivitas tinggi terhadap 50 ppm SO_2 , dimana nilai responnya 7-14 kali lebih tinggi dari gas target lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa morfologi pada skala nano juga mempengaruhi selektivitas sensor gas. ZnO 3D yang tersusun oleh nanosheet juga telah berhasil difabrikasi dengan metode yang sama, namun dengan bentuk atau morfologi tersebut, ZnO memiliki selektivitas yang baik terhadap gas CO. Metode solvothermal juga digunakan dalam mensintesis Titanium Dioxide (TiO_2) berstruktur 3D. TiO_2 yang memiliki bentuk bola dan tersusun dari nanorod terbentuk. Material ini menunjukkan respon yang baik terhadap gas CO.

3. SENSOR KESEHATAN BERBASIS MATERIAL STRUKTUR NANO

Biosensor merupakan sebuah divais analitik yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan analit dengan melibatkan reaksi biokimia. Analit yang dideteksi dapat berupa enzim, antibodi, dan mikroorganisme. Saat ini, berbagai perangkat biosensor telah dikembangkan dan diproduksi secara komersial untuk berbagai macam pendeteksian, misalnya untuk mendeteksi gula darah sebagai indikator penyakit diabetes. Keunggulan menggunakan biosensor adalah instrumen yang sederhana sehingga lebih mudah dioperasikan, kecepatan deteksi yang lebih cepat dengan sensitivitas dan selektivitas tinggi.



Gambar 4 Prinsip kerja biosensor dalam mengenali analit yang dideteksi oleh bioreseptor dan tersambung dengan transduser.

Biosensor terdiri dari komponen biologis (bioreseptor) pada permukaan sensitif yang tersambung dengan transduser, seperti diilustrasikan pada Gambar 4. Fungsi utama transduser adalah mengubah sinyal biokimia yang dihasilkan dari reaksi bioreseptor dengan analit menjadi sinyal elektronik yang dapat diproses sebagai sinyal keluaran. Menurut mekanisme penyampaian sinyal elektronik yang dihasilkan, biosensor dapat dikategorikan menjadi (Chaubey dan Malhotra, 2002):

1. Biosensor resonan (piezoelectric biosensors)
2. Biosensor optik
3. Biosensor kalorimetrik
4. Biosensor elektrokimia

Dibandingkan dengan biosensor lain, biosensor elektrokimia memiliki keunggulan dalam hal kecepatan deteksi, kemudahan dan kesederhanaan dalam operasi, biaya yang rendah, dan sensitivitas yang tinggi (Grieshaber, 2008). Guy dan Walker (2016) membagi biosensor elektrokimia menjadi tiga, yaitu:

1. Biosensor Konduktometri
2. Biosensor Potensiometri
3. Biosensor Amperometri

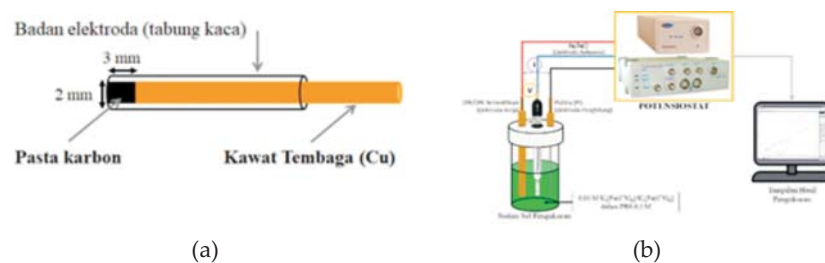
Penggunaan nanomaterial dalam pengembangan material biosensor sangat penting karena perbandingan luas permukaan dan volume yang besar, jarak antar partikel yang sangat kecil, dan kemampuan adsorpsi yang tinggi dibandingkan dengan ukuran mikro, sehingga dapat meningkatkan sensitivitas biosensor. Dalam perkembangannya material magnetik Fe_3O_4 telah banyak diaplikasikan dalam teknologi biomedis, seperti agen kontras MRI, pengobatan kanker dengan hipertermia/termoterapi, dan pelabelan (Rahmawati, 2018). Fe_3O_4 memiliki temperatur Curie yang tinggi, biokompatibel, toksisitas yang rendah, proses sintesis yang mudah, serta biaya sintesis yang murah.

Pada penelitian yang tengah dikembangkan di laboratorium Advanced Functional Material (AFM) Teknik Fisika ITB, biosensor dikembangkan menggunakan material magnetit (Fe_3O_4) dan MOF. Material magnetit Fe_3O_4 didapatkan dari sintesis pasir besi alam yang didapatkan dari Tulungagung, Indonesia. Adapun metode sintesis yang digunakan dalam pembentukan Fe_3O_4 dari pasir alam menggunakan metode kopresipitasi dengan iradiasi ultrasonik (Rahmawati, 2018). Untuk meningkatkan stabilitas dari nanopartikel Fe_3O_4 dimodifikasi dengan *poly(ethylene glycol)* (PEG) (Rahmawati, 2018). Variasi jumlah PEG diberikan untuk mendapatkan karakteristik Fe_3O_4 yang optimum. Material Fe_3O_4 dari hasil sintesis kemudian dimodifikasi dengan material karbon untuk meningkatkan performa dari biosensor. Berikut merupakan

uraian proses modifikasi Fe_3O_4 dengan karbon beserta aplikasinya sebagai biosensor:

- **Fe_3O_4 -Grafena untuk pendeteksian *Prostate Specific Antigen* (PSA)**

Pada penelitian ini, Fe_3O_4 dimodifikasi dengan grafena diharapkan dapat menciptakan material baru yang lebih stabil dengan keunggulan dari kedua sifat material tersebut (Suhanto, 2018). Grafena merupakan salah satu material nano karbon yang sering diaplikasikan dalam komposit material dan memiliki karakteristik yang cocok digunakan sebagai sensor elektrokimia. Aplikasi grafena sebagai sensor elektrokimia didasari oleh kemampuannya untuk meningkatkan luas permukaan elektroaktif dan memiliki sifat elektronik yang sangat baik (Qi dkk., 2017). Selain itu, grafena memiliki nilai konduktivitas listrik tinggi yang berguna untuk menaikkan arus elektrokimia biosensor. Dengan memodifikasi Fe_3O_4 dengan grafena mampu meningkatkan puncak reduksi dan oksidasi pada pengujian *cyclic voltammetry* (CV) yang mengindikasikan material Fe_3O_4 -Grafena memiliki transfer electron yang baik (Suhanto, 2018).



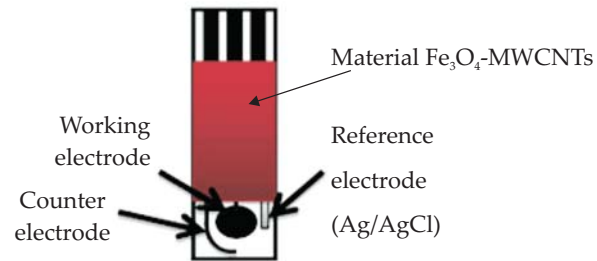
Gambar 5. (a) Desain elektroda pasta karbon (EPK) (b) Skema pengukuran elektrokimia.

Elektroda yang digunakan pada penelitian ini merupakan Elektroda pasta karbon (EPK) yang terbuat dari tembaga dan serbuk karbon seperti yang terlihat pada gambar 5(a). Untuk mengetahui performa dari biosensor dilakukan pengukuran menggunakan potesistat dengan skema pengukuran seperti yang terlihat pada gambar 5(b). PSA merupakan biomarker yang mengindikasikan adanya ketidaknormalan pada kelenjar prostat (kanker prostat). Untuk dapat mengenali PSA, anti-PSA diimobilisasi pada Elektroda pasta karbon (EPK) yang permukaannya telah dimodifikasi Fe_3O_4 -Grafena. Berdasarkan hasil pengujian, nanokomposit Fe_3O_4 -Grafena yang telah di imobilisasi anti-PSA mampu mengenali PSA dengan nilai LOD $0,3895 \text{ ng.mL}^{-1}$ pada rentang konsentrasi $1 \text{ ng.mL}^{-1} - 150 \text{ ng.mL}^{-1}$. Biosensor memiliki stabilitas yang baik dari 27 kali pengukuran berulang dan memiliki kemampuan respons hingga 90 % walaupun sudah disimpan selama dua minggu. Biosensor menunjukkan respons terhadap antigen spesifiknya dan memiliki stabilitas yang baik, sehingga sangat menjanjikan untuk diaplikasikan menjadi alternatif material pendeteksi dini penanda kanker (Suhanto, 2017).

- **Fe_3O_4 -MWCNTs untuk pendeteksian logam Timbal (Pb)**

Untuk menghasilkan performansi biosensor yang memiliki sensitivitas dan selektivitas yang tinggi maka dilakukan sintesis nanokomposit Fe_3O_4 -MWCNTs dengan variasi konsentrasi Fe_3O_4 pada permukaan elektroda kerja. Sensor yang menggunakan carbon nanotubes (CNTs) telah menunjukkan performansi yang sangat baik dalam deteksi secara elektrokimia terhadap logam berat, pestisida, dan polutan. Sifat

CNTs seperti konduktivitas listrik, konduktivitas termal, kekuatan mekanik dan stabilitas kimia yang tinggi, ditambah dengan luas permukaan yang besar, membuat material tersebut sangat menjanjikan untuk aplikasi (bio)sensor elektrokimia (Abdulazeez, 2016).



Gambar 6. Biosensor Pb^{2+}

Rancangan perangkat biosensor Pb^{2+} dapat dilihat pada gambar 6, dimana elektroda pada biosensor dimodifikasi dengan material Fe_3O_4 . Berdasarkan hasil pengujian, nanokomposit Fe_3O_4 -MWCNTs yang telah diimmobilisasi aptamer mampu mengenali ion Pb^{2+} dengan nilai LOD (limit of detection) $1,6 \times 10^{-12}$ M pada rentang konsentrasi 5×10^{-12} M s.d. 5×10^{-14} M. Biosensor memiliki stabilitas yang baik dari 20 kali pengukuran berulang (cycles) (Aguntaran, 2018).

- **MOFs-CNT untuk pendeteksian glukosa**

Diabetes melitus merupakan salah satu penyebab kematian tertinggi di dunia pada saat ini. Diabetes melitus sendiri disebabkan oleh tingginya kandungan glukosa pada darah di dalam tubuh manusia. Pengontrolan

glukosa dapat dilakukan dengan metode non-invasif. Metode non-invasif lebih sering dilakukan karena tidak memerlukan pembedahan. Material yang digunakan untuk mendeteksi glukosa biasanya menggunakan logam mulia seperti Ag, Au, dan Pt yang harganya mahal, sehingga tidak efektif untuk diterapkan pada industri. Material CuBTC dipilih pada penelitian ini sebagai sensor glukosa karena proses fabrikasinya yang mudah dan biaya produksinya yang murah. Meski demikian, CuBTC sendiri memiliki konduktivitas elektronik yang rendah sehingga kurang optimal jika digunakan untuk mengoksidasi glukosa. Oleh karena itu, CuBTC perlu dimodifikasi menggunakan carbon nanotube (CNT) untuk meningkatkan performansi CuBTC sebagai sensor glukosa. Modifikasi MOFs dengan material CNT juga telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan metode hidrotermal (Mustaqim, 2018). Dari hasil pengujian *cyclic voltammetry* (CV) dapat diketahui Penambahan CNT menyebabkan respon terhadap glukosa meningkat. Sensitifitas yang dihasilkan pada CuBTC-CNT sebesar $795,3 \mu A \mu M^{-1} cm^{-2}$ dan limit of detection (LOD) yang dapat terdeteksi sebesar $0,69 \mu M$ (Mustaqim, 2018).

Dalam pengembangan sensor gas ini kami juga telah berhasil mengembangkan dua prototype instrumentasi pengukur kualitas gas dan kualitas air. Sistem pengukur ini disebut sebagai Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU) dan Stasiun Pemantau Kualitas Air (SPKA) beserta sistem pelaporan yang online dan real time. Platform aplikasi untuk kedua sistem ini telah didaftarkan pada HAKI. Sistem ini akan terus dikembangkan menjadi produk komersial bersama perusahaan start up alumni Teknik Fisika ITB yang dibina oleh LPIK ITB.

4. PENGEMBANGAN SOLAR SEL GENERASI KETIGA BERBASIS MATERIAL NANO

Sel surya merupakan perangkat elektronik yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Berdasarkan material yang digunakan, sel surya dibagi kedalam tiga generasi yaitu generasi pertama atau konvensional yang menggunakan silikon sebagai material utamanya. Sel surya generasi ini merupakan sel surya yang telah beredar dipasaran serta digunakan dalam berbagai aplikasi namun memiliki kekurangan dalam proses pembuatan kristal silikon yang biayanya tinggi. Generasi kedua yaitu sel surya lapisan tipis seperti sel surya jenis CIGS dan CdTe. Sel surya generasi kedua ini memiliki performa yang sama dengan generasi pertama namun memiliki kendala pada material yang digunakan. CIGS dan CdTe menggunakan material langka dan beracun seperti Indium (In) dan cadmium (Cd). Sel surya generasi ketiga yaitu sel surya yang menggunakan bahan material melimpah dialam atau bahan organik. keseluruhan sel surya generasi ini masih dalam tahap pengembangan dan diharapkan akan menjadi pengganti sel surya generasi sebelumnya dengan harga terjangkau dan ramah lingkungan namun tetap memiliki performa yang setara dengan generasi yang mendahuluinya. Saat ini, laboratorium AFM ITB sedang mengembangkan sel surya generasi ketiga yaitu sel surya DSSC dan sel surya CZTS.

Seiring dengan perkembangan teknologi nano terutama pada material berpori pada ukuran nano, dominasi silikon sebagai bahan sel surya mulai tergantikan dengan hadirnya sel surya generasi ketiga yang berbasis *dye-sensitized*. Penemuan jenis sel surya tipe

photoelectrochemical ini pertama kali dipublikasikan oleh Prof. Michael Gratzel pada tahun 1991 yang menarik perhatian karena material dan proses pembuatan jenis sel surya ini yang lebih murah dibandingkan dengan jenis sel surya dari bahan silicon (Kosyachenko, 2011).

DSSC ini merupakan sel surya electronove yang memiliki perbandingan performa terhadap harga paling tinggi dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan ke dua jenis sel surya sebelumnya yang berbasis electro dan film tipis. Sel ini lebih mudah difabrikasi dibandingkan generasi sel surya sebelumnya. Selain itu, sel surya jenis ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya lec dibuat lebih berwarna-warni, lebih transparan, fleksibel untuk dipakai dalam berbagai perangkat sehari-hari.

Bahan pewarna *dye* pada sel surya jenis ini merupakan aspek terpenting penentu baik atau tidaknya performa dari sel surya. Antosianin, karotenoid, dan flavonoid merupakan beberapa jenis dari *dye* natural yang sangat potensial digunakan sebagai sensitizer pada sel surya DSSC. Sifat elect-elektronik yang dimiliki oleh *dye* meliputi kemampuan *dye* dalam mengabsorpsi cahaya dan mengubahnya menjadi transfer electron dari *dye* menuju permukaan semikonduktor.

Kekayaan aneka ragam hayati yang dimiliki Indonesia merupakan modal awal untuk didapatkannya bahan dye alami yang memiliki sifat elektronik yang baik untuk digunakan sebagai DSSC. Penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi DSSC berbasis bahan alami tumbuh-tumbuhan Indonesia. Berdasarkan hasil investigasi sebelumnya, beberapa sampel buah-buahan khas Indonesia misalnya kulit jeruk

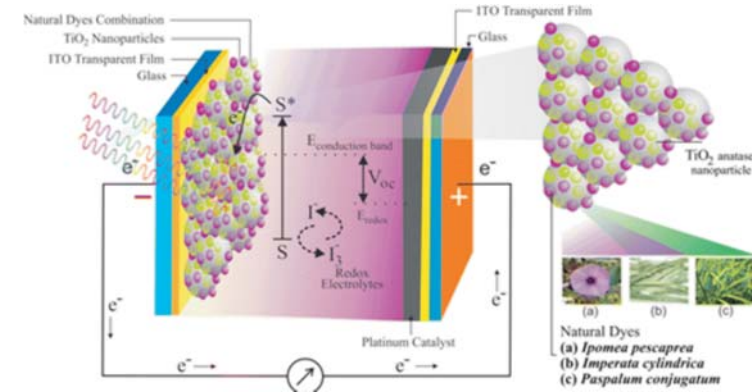
medan, kulit lengkeng, kulit rambutan, dan kulit pisang (Gambar 7) ternyata memiliki sifat elektronik yang cukup baik untuk digunakan sebagai fotokatalis biosel surya titanium dioksida dengan energi gap 1,5 eV sampai 3 eV. Kandungan *galocatechin*, *hisperedin*, *luthein*, *cyanidin 3-O glucoside*, *peonidin 3-O glucoside*, dan *quercetin-3-O-rhamnoside* yang terdapat pada kulit dan biji buah tersebut dapat diekstraksi dan direkayasa lebih lanjut untuk mendapatkan sifat elektronik yang lebih baik sebagai fotokatalis biosel surya.



Gambar 7. Beberapa jenis buah yang telah di kembangkan untuk digunakan sebagai fotokatalis biosel surya

Penelitian DSSC pertama kali dilakukan pada tahun 2010 Dengan memanfaatkan carotenoid alami yang berasal dari *musa aromatica* dan *citrus medica var lemon* pada kulit buah lemon yang menghasilkan efisiensi sebesar 0,21% (Prima, 2010). Penelitian terkait DSSC selanjutnya adalah dengan meningkatkan sifat fotokimia pada dye natural yang dilakukan dengan meningkatkan sifat fotokimia pada dye natural yang dilakukan dengan mensintesis dalam kondisi asam, penambahan coadsorber dan kombinasi dye natural. Pigmen natural yang diekstraksi berasal dari *ipomea pescaprae*, *imperata cylindrica (L.) beauv*, dan *paspalum conjugatum berg* yang mengandung quercetin 3-O-β-D-glucofuranoside, graminone B, dan

klorofil a. sel DSSC ini menghasilkan peningkatan efisiensi menjadi 0,76% (Prima, 2014). Efisiensi tertinggi DSSC yang berhasil dikembangkan saat dengan menggunakan dye natural adalah sebesar 3,16% menggunakan pigmen dari rumput imerata *cylindrica* (Adhyaksa, 2014).



Gambar 8. Struktur DSSC dan reaksi skematik pada dye *I.pescaprae*, *I. Cylindrica (L.) beauv*, dan *P. conjugatum berg*

Sel surya generasi ketiga potensial lainnya adalah sel surya CZTS yang terdiri dari elemen Cu, Zn, Sn, S pada absorber didalamnya. sel surya CZTS bila dilihat dalam hal arsitektur serta cara kerjanya menyerupai sel surya generasi kedua yaitu sel surya CIGS. Perbedaannya adalah pada elemen penyusunnya. Jika CIGS masih menggunakan indium dan gallium yang langka, sel surya CZTS menggunakan material yang melimpah dialam sehingga harganya akan jauh lebih murah jika diproduksi dalam skala industri nantinya. Dalam perkembangannya saat ini, performa terbaik yang berhasil dikembangkan memiliki efisiensi 12,6% oleh IBM

dengan metode larutan menggunakan hydrazine sebagai pelarutnya (Lee, 2015).

Permasalahan pada sel surya CZTS yang dihadapi adalah proses pembuatan absorbernya yang masih menggunakan *physical process* seperti atomic layer deposition atau sputtering yang memerlukan biaya mahal. Selain itu pada lapisan buffernya masih menggunakan kadmium yang beracun dan tidak ramah lingkungan. AFM ITB saat ini mencoba mengembangkan sel surya CZTS dengan menggunakan metode larutan dan juga mengganti lapisan buffernya dengan material yang bebas dari kadmium.



Gambar 9. Sel surya CZTS dengan menggunakan ZTO (zinc-tin-oxide) sebagai lapisan buffer

Penelitian sel surya CZTS bebas kadmium dengan menggunakan ZTO (*zinc-tin-oxide*) melalui proses sol-gel saat ini dalam tahap optimasi seperti mengoptimalkan ketebalan lapisan ZTO sesuai standar lapisan buffer

pada CZTS. Selain itu optimasi energi band juga dilakukan untuk mendapatkan energi band ZTO yang paling rendah sebelum dibuat dalam bentuk sel untuk mendapatkan performanya. Kedepannya penelitian sel surya CZTS akan mengedepankan proses kimia pada semua lapisannya agar biaya produksinya lebih murah.

5. PENUTUP

Pengembangan material nano merupakan penelitian yang saat ini tengah digeluti oleh para peneliti di banyak negara. Karena keunggulan dan keunikannya, negara-negara maju memiliki perhatian yang sangat tinggi terhadap pengembangan material nano ini untuk berbagai aplikasi. Pendirian Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN) di ITB sejak 2016 dengan berbagai peralatan karakterisasi nano telah memberikan suatu daya dukung yang sangat besar bagi pengembangan teknologi nano di ITB khususnya dan di Indonesia secara umum. Pengembangan material nano di Teknik Fisika ITB yang telah dirintis di Laboratorium Material Maju Fungsional pada kenyataannya mampu menghasilkan karya-karya penelitian yang berkualitas tinggi dan bersaing dengan hasil penelitian dari negara maju lainnya. Ketekunan mengembangkan laboratorium, membangun jejaring dengan peneliti lainnya baik di luar negeri maupun di dalam negeri, membina mahasiswa sarjana dan paska sarjana untuk meneliti dengan kualitas yang baik, membangun pendanaan dari dana-dana penelitian yang ada merupakan proses yang perlu di terus ditingkatkan di laboratorium-laboratorium di ITB. Melalui ketekunan seperti itu pengembangan material nano untuk

aplikasi di bidang kesehatan, sensor lingkungan dan solar cell dapat berlangsung dengan produktif. Penelitian material nano untuk sensor telah banyak dilakukan dengan variasi yang banyak dari sisi jenis materialnya, morfologi struktur nano, maupun doping dan komposit material. Mesoporous silika, ZnO struktur nano, SnO₂ struktur nano, WO₃ struktur nano, metal organic frame work dengan variasi dari carbon nano tube (CNT) dan graphene telah berhasil difabrikasi sebagai sensor untuk berbagai macam gas seperti CO, NO_x, SO_x, serta *volatile organic compound* (VOC). Pengembangan sensor diarahkan pada suhu operasional sensor yang mampu bekerja pada temperature rendah antara temperature ruang hingga 150°C, serta peningkatan selektifitas sehingga sensor mampu menyeleksi gas target dengan baik. Hasil penelitian menemukan bahwa modifikasi metal oksida dengan CNT dan graphene serta noble metal seperti Pd, Pt atau Ag mampu menjadikan sensor lebih selektif dan dapat bekerja pada temperature rendah. Pengembangan biosensor berbasis material struktur nano ditekankan pada fabrikasi metal organic framework karena memiliki luas permukaan yang sangat tinggi dan Fe₂O₃ karena memiliki sifat magnetic yang baik. Pengujian sebagai bio sensor untuk deteksi kanker PSA, protein dan glukosa menunjukkan sensitifitas yang baik. Peningkatan masih perlu dilakukan untuk nilai selektifitasnya. Pengembangan sensor akan terus berkembang terlebih di era IoT saat ini dimana segala sesuatu akan membutuhkan monitor secara realtime, online, dan terukur, maka sensor menjadi ujung tombaknya yang terhubung dengan internet.

Pengembangan material nano untuk *solar cell tipe sye synthesized solar*

cell telah mampu mengungkap natural dyes yang berasal dari tanaman asli Indonesia dengan nilai efisiensi solar cell yang tinggi untuk tipe dye natural. Eksperimen yang digabungkan dengan studi pemodelan juga telah mampu mengungkap fenomena elektron transport pada DSSC tersebut. Kemajuan penelitian yang telah diraih ini dengan berbagai capaian publikasi berkelas dunia sejujurnya sesuatu yang kami sendiri tidak percaya dapat dicapai di Indonesia. Masih teringat saat tahun 2006 ketika kembali dari Jepang setelah melakukan studi di The University of Tokyo dan sempat riset posdoktoral di AIST Jepang, dengan kondisi Lab yang ala kadarnya di ITB, membuat bingung dari mana memulai penelitian ala negara maju di Jepang seperti yang baru saja diselesaikannya. Suasana di Teknik Fisika ITB dan khususnya kelompok riset material mendorong kami untuk mencari cara bagaimana membangun laboratorium dan menjadi produktif untuk menghasilkan penelitian dan inovasi. Kebersamaan dalam lingkungan Laboratorium Material Fungsional Maju dan Teknik Fisika ternyata dapat menghasilkan hasil hasil penelitian yang berkualitas. Pendirian Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN) jelas memberikan dukungan sangat signifikan bagi kemajuan tersebut. Jejaring penelitian dengan kampus ternama seperti University of California Berkeley, KAIST Korea, NIMS Jepang, The University of Queensland Australia, UKM Malaysia, dan NTU Singapore semakin memberikan kepercayaan diri secara signifikan hasil penelitian dan inovasi. Kondisi ini akhirnya mampu membangun suasana laboratorium yang kondusif untuk melahirkan penelitian berkelas dunia terutama oleh para mahasiswa paska sarjana. Dengan ketekunan membangun Laboratorium, kerja keras, dan tentunya

diiringi dengan doa, apa-apa yang dulu saya mimpikan dan rasanya sulit untuk dikerjakan di Indonesia, ternyata bisa dicapai di kampus ITB ini. Laboratorium yang berjalan dengan baik dan aktif merupakan fondasi bagi kuatnya sebuah Universitas baik pengajaran, penelitian maupun inovasi untuk pengabdian di masyarakat. Amanah Guru Besar yang baru saja diraih tentu bukanlah akhir sebuah perjalanan mengembangkan penelitian, pengajaran dan pengabdian kepada masyarakat, justru inilah awal untuk semakin progresif dalam melakukan tridarma perguruan tinggi itu. Semoga amanah ini mampu mendorong lahirnya lebih banyak karya-karya dari kampus ITB, tentunya untuk kemajuan bangsa dan tanah air tercinta.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama kami memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, bahwasannya atas segala ridho dan karuniaNya yang telah dilimpahkan hingga saat ini. Pada hari yang berbahagia ini, perkenalkanlah saya menyampaikan kepada yang terhormat Rektor dan Pimpinan ITB, Pimpinan dan seluruh Anggota Forum Guru Besar ITB, atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk menyampaikan orasi ilmiah di hadapan para hadirin sekalian pada forum yang terhormat ini. Terima kasih kami sampaikan juga kepada Dekan Fakultas Teknologi Industri (FTI) serta jajaran pimpinan di FTI dan Teknik Fisika ITB. Terima kasih selanjutnya kami sampaikan kepada keluarga saya, istri tercinta Levy Olivia Nur dan anak-anak Rania, Raisya, dan Raqia atas kebersamaan, tawa canda, dan doanya yang terus diberikan. Juga teruntuk orang tua

kami, Ibu saya Sri Purwaningsih dan Bapak Mertua saya Bapak Suharna A Rsyid yang keduanya telah berpulang. Bapak saya M Baedowi dan Mamah Mertua Ibu Maemunah yang terus menerus memberikan doa dan dukungan untuk kami semua. Terima kasih juga kami berikan kepada keluarga besar saya dan istri saya, kakak adik yang terus menerus menjalin silaturahmi dan kebersamaan. Terima kasih juga kami sampaikan untuk teman-teman semua, para dosen yang terhormat dan rekan kolega di Teknik Fisika yang telah menjadikan suasana kekeluargaan dan penuh semangat di ITB. Juga para guru dan teman saya di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN) yang terus memberikan semangat dan menjadi contoh bagi saya untuk bekerja dengan baik dan berkualitas. Terima kasih juga tentu saya sampaikan untuk semua rekan dosen, seluruh mahasiswa sarjana, magister dan doctor yang berada di Lab AFM Teknik Fisika ITB yang telah bekerja keras siang malam tanpa kenal lelah untuk menghasilkan karya penelitian dan inovasi berkelas dunia. Terakhir untuk seluruh guru-guru saya yang mungkin belum saya sebutkan, dan seluruh teman-teman kami ucapkan terima kasih yang mendalam untuk segala kebersamaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhyaksa, G.W.P., Prima, E.C., Lee, D.K., Ock, I., Suyatman, Yulianto, B., dan Kang, J.K., 2014. "A light harvesting antenna using natural extract graminoids coupled with plasmonic metal nanoparticles for biophotovoltaic cells", *Advanced Energy Materials*, 4(18), 1400470.
- Aguntaran, 2018. "Sintesis Nanokomposit Multiwalled Carbon

Nanotubes (MWCNTs)-Magnetit (Fe_3O_4) Menggunakan Metode Sonokimia dan Aplikasinya Sebagai Material Aktif Biosensor Elektrokimia". Tesis, Program Studi Magister Teknik Fisika, ITB, 2018.

Buentello, F.S., Persad, D.L., dkk., 2005. "Nanotechnology and the Developing World", *Plos Medicine*, 2(5), 383-386.

Cao, G., 2004. "Nanostructure and Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications", Imperial College Press.

Chaubey, A., dan Malhotra, B. D., 2002. "Mediated biosensors", *Biosensors and Bioelectronics*, 17(6), 441-456.

Drexler, E.K., 1986. *Engines of Creation: The coming era of Nanotechnology*, Doubleday.

Griehaber, D., Mackenzie, R., Voros, J., dan Reimhull, E., 2008. "Electrochemical Biosensors - Sensor Principles and Architectures", *Sensors*, 8(3), 1400-1458.

Guy, O. J., dan Walker, K. A. D., 2016. "Graphene Functionalization for Biosensor Applications, Silicon Carbide Biotechnology: A Biocompatible Semiconductor for Advanced Biomedical Devices and Applications", Elsevier, 85-141.

Kosyachenko, L.A., 2011. "Solar Cells - Dye-Sensitized Devices", *InTech*.

Lee, Y.S., Gershon, T., Gunawan, O., dll., 2014. "Cu₂ZnSnSe₄ Thin-Film Solar Cells by Thermal Coevaporation with 11.6% Efficiency and Improved Minority Carrier Diffusion Length", *Adv. Energy Mater.*, 1401372.

Miyazaki, K., and Islam N., 2007. "Nanotechnology systems of

innovation—An analysis of industry and academia research activities", *Technovation*, 27(11), 661-675.

Mustaqim, A., 2018. "Modifikasi CuBTC dengan CNT Menggunakan Metode Pencampuran Langsung untuk Aplikasi Sensor Glukosa". Tesis, Program Studi Magister Teknik Fisika, ITB, 2018.

Mustaqim A., Yulianto B., dan Nugraha, 2018. "Modification of ZIF-8 using direct mixing method at a room temperature", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 432 (012053).

Prima, E.C., Yulianto, B., dan Suyatman, 2010. "Performance of natural carotenoids from *Musa aromatica* and *citrus medica* var lemon as photosintizers for Dye-Sensitized Solar Cell with TiO nanoparticle", *Journal of Advances in Material Science And Engineering*, 1-6.

Prima, E.C., Yulianto, B., dan Suendo, V., 2014. "Improving photochemical properties of *Ipomea pescaprae*, *imperata cylindrica* (L.) beauv, and *paspalum conjugatum* berg as photosensitizers for dye sensitized solar cells", *Journal of Material Science: Materials in Electronic*, 25 (10), 4603-4611

Rahmawati R., Kaneti Y.V., Taufiq A., Sunaryono, Yulianto B., dkk., 2018. "Green Synthesis of Magnetite Nanostructures from Naturally Available Iron Sands via Sonochemical Method", *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 91 (2), 311-317.

Rahmawati R., Taufiq A., Sunaryono S., Fuad A., Yulianto B., Suyatman S., dan Kurniadi D., 2018. "Synthesis of Magnetite (Fe_3O_4) Nanoparticles from Iron sands by Coprecipitation-Ultrasonic-Irradiation Methods, *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 9 (1), 155-160.

- Rajaram, V., 2006. "Nanotechnology in Dentistry", *India Journal of Dental Research*, 17(2), 62-65.
- RISTEKDIKTI, 2017. "Rencana Induk Riset Nasional Tahun 2017-2045", Edisi 28 Februari 2017.
- Schulte, J., 2005. "Nanotechnology: Global Strategies, Industry Trends and Applications", Wiley.
- Septiani, N.L.W., Yulianto, B., Nugraha, dan Dipojono, H.K., 2017. "Multiwalled carbon nanotubes–zinc oxide nanocomposites as low temperature toluene gas sensor", *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, 123 (3).
- Septiani, N.L.W., dkk., 2018. "Hybrid nanoarchitecturing of hierarchical zinc oxide wool-ball-like nanostructures with multi-walled carbon nanotubes for achieving sensitive and selective detection of sulfur dioxide," *Sensors Actuators, B Chem.*, 261, 241–251.
- Suhanto R.N., 2017. "Sintesis Nanokomposit Magnetit (Fe_3O_4) – Grafena (Gp) Menggunakan Metode Sonokimia dan Aplikasinya Sebagai Material Aktif Biosensor Elektrokimia Berbasis Imunoasai". Tesis, Program Studi Magister Teknik Fisika, ITB, 2017.
- Suhanto R.N., Rahmawati R., Setyorini D.A., Noviandri I., Suyatman dan Yulianto B., 2018. "Modified Working Electrode by Magnetite Nanocomposite for Electrochemical Sensor Application", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 367 (012054).
- Taniguchi, N. 1996. "Nanotechnology: Integrated Processing Systems for Ultra-precision and Ultra-fine Products", Oxford University Press.

- Vilarinho, P.M., 2005. "Functional Materials: Properties, Processing and Applications", *Scanning Probe Microscopy: Characterization, Nanofabrication and Device Application of Functional Materials*, NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry, (186), 3-33.
- World Health Organization (WHO), 2019. "WHO Expert Consultation: Risk communication and intervention to reduce exposure and to minimize the health effects of air pollution". <https://www.who.int/airpollution/events/expertconsult2019/en/> (diakses tanggal 26 Februari 2019)
- Yulianto, B., Zhou, H.S., Yamada, T., Honma, I., Katsumura, Y., Ichihara, M., Asai, K., 2004. "Effect of Tin addition on mesoporous silica thin film and its application for surface photovoltage NO_2 gas sensor", *Analytical Chemistry* 76 (22), 6719–6726.
- Yulianto, B., Nulhakim, L., Ramadhani, M.F., Iqbal., Nugraha, dan Nuruddin, A., 2015. "Improved Performances of Ethanol Sensor Fabricated on Al-Doped ZnO Nanosheet Thin Films," *IEEE Sens. J.*, 15(7), 4114–4120.
- Yulianto, B., Ramadhani, M.F., Nugraha, Septiani, N.L.W., dan Hamam, K.A., 2017. "Enhancement of SO_2 gas sensing performance using ZnO nanorod thin films: the role of deposition time," *J. Mater. Sci.*, 52(8).

CURRICULUM VITAE



Nama : **BRIAN YULIARTO**
Tmpt. & tgl. lhr. : Jakarta, 27 Juli 1975
Kel. Keahlian : Material Fungsional Maju
Alamat Kantor : Jalan Ganesha 10 Bandung.
Nama Istri : Levy Olivia Nur
Nama Anak : 1. Rania Imaduddin
2. Raisya Imaduddin
3. Raqia Imaduddin

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

- Doctor of Engineering (Ph.D.), Quantum Engineering and System Science Department, University of Tokyo, Jepang, 2005,
- Master of Engineering (ME), Quantum Engineering and System Science Department, University of Tokyo, Japan, 2002,
- Sarjana Teknik Fisika (ST), Institut Teknologi Bandung (ITB), 1999.

II. RIWAYAT KERJA di ITB

- Staf Pengajar Fakultas Teknologi Industri ITB, 1 April 2006 s.d. sekarang,
- Ketua Lembaga Kemahasiswaan ITB, 2010 s.d. 2016,
- Ketua Program Studi Sarjana Teknik Fisika, 2016 s.d. sekarang,
- Kepala Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi ITB, 2018 s.d. 2019,
- Ketua Kelompok Keahlian Material Fungsional Maju, 2018 s.d. sekarang.

III. RIWAYAT KEPANGKATAN

- CPNS, III/c, 1 April 2006
- Penata TK 1, III/d, 1 Oktober 2013
- Pembina, III/a, 1 Oktober 2015

IV. RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

- Lektor, 1 Januari 2009,
- Lektor Kepala, 1 November 2012,
- Guru Besar, 1 November 2018.

V. KEGIATAN PENELITIAN

- **Brian Yulianto (ITB)**, Nugraha (ITB), Ahmad Nuruddin (ITB); Development of advanced metal oxide as toxic gas sensor using surface plasmon resonance technique, 2017-2018
- Mohammad Kemal Agusta (ITB), **Brian Yulianto (ITB)**, Aep Patah (ITB), Nugraha (ITB); Sintesis Material Metal Organic Framework Dengan Modifikasi dan Aplikasinya Sebagai Sensor, 2017-2018
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Pengembangan Sensor Buah Pisang Berbasis Lapisan Tipis SnO₂ Berstruktur Nano, 2017
- **Brian Yulianto (ITB)**, Amalia Sholehah (UNTIRTA); Pembuatan Sensor Fleksibel Berbasis Semikonduktor Oksida untuk Deteksi Gas Etilen pada Buah, 2017-2018
- Suyatman (ITB), **Brian Yulianto (ITB)**; Peningkatan Performansi Natural Dyes dari Bahan Alam Unik Indonesia pada Solar Cell Dye Synthesized dengan Pendekatan Theoretic dan Eksperimen, 2015-2018
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Uji Produk

dan Komersialisasi Sistem Pemantau Kualitas Udara (SPKU) Secara Real Time dan Online untuk Memonitor Kesehatan Lingkungan Udara, 2015-2018

- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Rancang Bangun Sistem Pengontrol Kematangan Buah Menggunakan Sensor Material Maju Berbasis Carbon Nanotubes dan Oksida Logam, 2015-2018
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Pengembangan Sensor VOC Berbasis Material Maju Berstruktur Nano Graphene-Zinc Oxide, 2016
- **Brian Yulianto (ITB)**, Pengembangan Sistem Monitoring Kesehatan Udara dan Air Berbasis Sensor Gas Kimia Berbasis Aplikasi Online, 2015-2016
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Rancang Bangun Sistem Pengontrol Kematangan Buah Menggunakan Sensor Material Maju Berbasis Carbon Nanotubes dan Oksida Logam, 2015-2016
- Ahmad Nuruddin (ITB), **Brian Yulianto (ITB)**; The Development of Dye Sensitized Solar Cell Using Local Unique Natural Dyes, 2015-2016
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Rancang Bangun dan Implementasi Detektor Konsentrasi Partikulat/Debu di Perkotaan, 2015
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Pengembangan Sensor Gas Berbahaya Berbasis Material Maju Graphene dan Carbone Nanotubes, 2015
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Pengembangan Sensor untuk Deteksi Gas Berbahaya Berbasis

Komposit Semikonduktor Oksida Logam dan Carbon Nanotubes, 2015

- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Pengembangan Material Nanokomposit Grafena dan Semikonduktor Oksida Logam sebagai Lapisan Sensitif Gas Karbon Monoksida, 2015
- **Brian Yulianto (ITB)**, Ahmad Nuruddin (ITB), Nugraha (ITB); Pengembangan Sensor Gas Berbahaya Berbasis Material Maju Graphene dan Carbon Nanotubes, 2014-2017
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Peningkatan Performa Sensor Gas Sulfur Dioksida Berbasis Nanokomposit Multiwalled Carbon Nanotubes dan Zinc Oxide (MWNCT-ZnO) Untuk Deteksi Dini Letusan Gunung Berapi, 2014
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Kesehatan Lingkungan Udara Terintegrasi Kawasan DKI Jakarta Menggunakan Sensor Berbasis Material Semikonduktor Berstruktur Nano, 2013-2015
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Kesehatan Lingkungan Udara Terintegrasi Kawasan DKI Jakarta Menggunakan Sensor Berbasis Material Semi Konduktor Berstruktur Nano, 2013-2014
- **Brian Yulianto (ITB)**; Pembuatan Sensor Berbasis Material Struktur Nano untuk Deteksi Dini Letusan Gunung Berapi, 2013
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Implementasi Sistem Monitoring Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Real-Time di Kota Bandung, 2013
- **Brian Yulianto (ITB)**, Suyatman (ITB), Nugraha (ITB); Pembuatan

sensor gas sulfur dioksida berbasis lapisan tipis ZnO berstruktur nano untuk deteksi dini letusan gunung berapi, 2013.

VI. PUBLIKASI

- M. Iqbal, Y.V. Kaneti, K. Kashimura, M. Yoshino, B. Jiang, C. Li, **Brian Yulianto**, Y. Bando, Y. Sugahara, Y. Yamauchi, 2019. "Continuous mesoporous Pd films with tunable pore sizes through polymeric micelle-assisted assembly" *Nanoscale Horizons*, in press (Q1; impact factor 9,391)
- Saptiama I, Kaneti YV, **Yulianto B**, Kumada H, Tsuchiya K, Fujita Y, Malgras V, Fukumitsu N, Sakae T, Hatano K, Ariga K, Sugahara Y, Yamauchi Y, 2019. "Biomolecule-Assisted Synthesis of Hierarchical Multilayered Boehmite and Alumina Nanosheets for Enhanced Molybdenum Absorption". *Chemistry-A European Journal* ISSN 1521-3765 Volume 0 (Q1; Impact Factor 5.16)
- Iqbal M, Kaneti YV, Kim J, **Yulianto B**, Kang YM, Bando Y, Sugahara Y, Yamauchi Y, 2019. "Chemical Design of Palladium-Based Nanoarchitectures for Catalytic Applications". *Small* ISSN 1613-6810 (print) 1613-6829 (web) Volume 15 Issue 6 (Q1; Impact Factor 9.598)
- Christian Harito, Dmitry V Bavykin, **Brian Yulianto**, Hermawan Kresno Dipojono and Frank C Walsh, 2019. "Polymer Nanocomposites Having a High Filler Content: Synthesis, Structures, Properties, and Applications". *Nanoscale* ISSN 2040-3372 (in press) (Q1; Impact Factor 7.233)
- Yusuf Kaneti, Ni Luh Wulan Septiani, Indra Saptiama, Xuchuan Jiang, **Brian Yulianto**, Muhammad J A Shiddiky, Nobuyoshi Fukumitsu, Yong-Mook Kang, Dmitri GOLBERG and Yusuke

- Yamauchi, 2019. "Self-Sacrificial Templated Synthesis of Three-Dimensional Hierarchical Macroporous Honeycomb-Like ZnO/ZnCo₂O₄ Hybrid for Carbon Monoxide Sensing". *Journal of Materials Chemistry A* ISSN 2050-7488 Issue 7 (Q1; Impact Factor 9.931)
- Muhammad Iqbal, Jeonghun Kim, **Brian Yulianto**, Bo Jiang, Cuiling Li, Ömer Dag, Victor Malgras, and Yusuke Yamauchi, 2018. "Standing Mesochannels: Mesoporous PdCu Films with Vertically Aligned Mesochannels from Nonionic Micellar Solutions". *ACS Applied Materials Interfaces* ISSN 1944-8244 Volume 10 (Q1; Impact Factor 8.097)
 - Ahmad Rifqi Muchtar, Ni Luh Wulan Septiani, Muhammad Iqbal, Ahmad Nuruddin, **Brian Yulianto**, 2018. "Preparation of Graphene-Zinc Oxide Nanostructure Composite for Carbon Monoxide Gas Sensing". *Journal of Electronics Materials* ISSN 0361-5235 Volume 47 (Q2; Impact Factor 1.566)
 - M. Ahmad, H. Abdullah, and **B. Yulianto**, 2018. "Effect of nickel in TiO₂-SiO₂-GO-based DSSC by using a sol-gel method". *Ionics* ISSN 0947-7047 (Print) 1862-0760 (Online) Volume 24 (Q1; Impact Factor 2.347)
 - Thach N. Tu, My V. Nguyen, Ha L. Nguyen, **Brian Yulianto**, Kyle E. Cordova, Selçuk Demir, 2018. "Designing bipyridine-functionalized zirconium metal-organic frameworks as a platform for clean energy and other emerging applications". *Coordination Chemistry Reviews* ISSN 0010-8545 Volume 364 (Q1; Impact Factor 14.499)
 - Aminuddin Debatara, Robeth Viktoria Manurung, Lia A.T.W. Asri, **Brian Yulianto**, Nugraha Nugraha, Bambang Sunendar,

2018. "Synthesis and Characterization of Nanocomposites Tin Oxide-Graphene Doping Pd Using Polyol Method". *Indonesian Journal of Chemistry* ISSN 14119420 Volume 18 (Q3; Impact Factor 0.77)
- Ni Luh Wulan Septiani, Yusuf Valentino Kaneti, **Brian Yulianto**, Nugraha, Hermawan Kresno Dipojono, Toshiaki Takei, Jungmok You, Yusuke Yamauchi, 2018. "Hybrid nanoarchitecturing of hierarchical zinc oxide wool-ball-like nanostructures with multi-walled carbon nanotubes for achieving sensitive and selective detection of sulfur dioxide". *Sensors and Actuators B* ISSN 0925-4005 Volume 261 (Q1; Impact Factor 5.667)
 - H. Abdullah, S. Y. Lye, S. Mahalingam, I. Asshari, **B. Yulianto**, A. Manap, 2018. "Application of lithium tantalate (LiTaO₃) films as light sensor to monitor the light status in the Arduino Uno based energy-saving automatic light prototype and passive infrared sensor". *Ferroelectrics* ISSN 0015-0193 Volume 524 (Q4; Impact Factor 0.728)
 - Retno Rahmawati, Yusuf Valentino Kaneti, Ahmad Taufiq, Sunaryono, **Brian Yulianto**, Suyatman, Nugraha, Deddy Kurniadi, Md Shahriar A Hossain, Yusuke Yamauchi, 2018. "Green Synthesis of Magnetite Nanostructures from Naturally Available Iron Sands via Sonochemical Method". *Bulletin of the Chemical Society of Japan* ISSN 1348-0634 (Online) 0009-2673 (Print) Volume 91 (Q1; Impact Factor 3.526)
 - E.C. Prima, **B. Yulianto**, A. Nuruddin, G. Kawamura, A. Matsuda, 2018. "Combined spectroscopic and TDDFT study of single-double anthocyanins for application in dye-sensitized solar cells". *New Journal of Chemistry* ISSN 1144-0546 (print) 1369-9261 (web)

Volume 42 (Q1; Impact Factor 3.201)

- R. Rahmawati, A. Taufiq, S. Sunaryono, A. Fuad, **B. Yulianto**, S. Suyatman, D. Kurniadi, 2018. "Synthesis of magnetite (Fe₃O₄) nanoparticles from iron sands by co-precipitation-ultrasonic irradiation methods". Journal of Materials and Environmental Science ISSN 2028-2508 Volume 9 (Q3; Impact Factor 0.654)
- Debatara A., Muchtar A.R., Septiani N.L.W, **Yulianto B.**, Nugraha, Sunendar B., 2017. "High Performance Carbon Monoxide Sensor Based on Nano Composite of SnO₂-Graphene". IEEE Sensors Journal ISSN 1530437X Volume 17 (Q1; Impact Factor 2.617)
- Huda Abdullah, Nor Haslinda Yunos, Savisha Mahalingam, Masrianis Ahmad, **Brian Yulianto**, 2017. "Photovoltaic and EIS Performance of SnO₂/SWCNTs Based-Sensitized Solar Cell". Procedia Engineering ISSN 18777058 Volume 170
- Aminuddin Debatara, Daryl Widia Zulhendri, **Brian Yulianto**, Nugraha, Bambang Sunendar, 2017. "Investigation of Nanostructured SnO₂ Synthesized with Polyol Technique for CO Gas Sensor Applications". Procedia Engineering ISSN 18777058 Volume 170
- Koko Friansa, Irsyad Nashirul Haq, Bening Maria Santi, Deddy Kurniadi, Edi Leksono, **Brian Yulianto**, 2017. "Development of Battery Monitoring System in Smart Microgrid Based on Internet of Things (IoT)". Procedia Engineering ISSN 18777058 Volume 170
- Retno Rahmawati, Mohammad Gilang Permana, Bill Harison, **Brian Yulianto**, Suyatman, Deddy Kurniadi, 2017. "Optimization of Frequency and Stirring Rate for Synthesis of Magnetite (Fe₃O₄) Nanoparticles by Using Coprecipitation-Ultrasonic Irradiation

Methods". Procedia Engineering ISSN 18777058 Volume 170

- Adhitya Gandaryus Saputro, Mohammad Kemal Agusta, **Brian Yulianto**, Hermawan K Dipojono, Febdian Rusydi, Ryo Maezono, 2017. "Selectivity of CO and NO adsorption on ZnO (0002) surfaces: A DFT investigation". Applied Surface Science ISSN 01694332 Volume 410 (Q1; Impact Factor 4.439)
- Aminuddin Debatara, **Brian Yulianto**, Nugraha, Bambang Sunendar, Hiskia, 2017. "Structural and Morphological Analysis of Nanocomposite SnO₂-Graphene Synthesized by Sol-Gel Method". Materials Science Forum ISSN 02555476 Volume 887 (Q3)
- Hermawan Kresno Dipojono Eka Cahya Prima, **Brian Yulianto**, Suyatman, 2017. "Donor-Modified Anthocyanin Dye-Sensitized Solar Cell with TiO₂ Nanoparticles: Density Functional Theory Investigation". Materials Science Forum ISSN 02555476 Volume 889 (Q3)
- **Brian Yulianto**, Gilang Gumilar, Daryl Widya Zulhendri, Ni Luh Wulan Septiani, 2017. "Preparation of SnO₂ Thin Film Nanostructure for CO Gas Sensor Using Ultrasonic Spray Pyrolysis and Chemical Bath Deposition Technique". Acta Physica Polonica A ISSN 05874246 Volume 131 (Q3; Impact Factor 0.857)
- Prima, Eka Cahya, Hidayat, Novianto Nur, **Yulianto, Brian**, Suyatman, Dipojono, H. K., 2017. "A combined spectroscopic and TDDFT study of natural dyes extracted from fruit peels of Citrus reticulata and Musa acuminata for dye-sensitized solar cells". Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy ISSN 13861425 Volume 171 (Q1; Impact Factor 2.880)

- Aminuddin Debataraja, **Brian Yulianto**, Nugraha, Bambang Sunendar, 2017. "Investigation of Nanostructured SnO₂ Synthesized with Polyol Technique for CO Gas Sensor Applications". Materials Science Forum ISSN 02555476 Volume 887 (Q3)
- Ni Luh Wulan Septiani, **Brian Yulianto**, Nugraha, Hermawan Kresno Dipojono, 2017. "Multiwalled carbon nanotubes–zinc oxide nanocomposites as low temperature toluene gas sensor". Applied Physics A: Materials Science and Processing ISSN 0947-8396 (Print) 1432-0630 (Online) Volume 123 (Q2; Impact Factor 1.604)
- **Brian Yulianto**, Muhammad Fazri Ramadhani, Nugraha, Ni Luh Wulan Septiani, and Kholoud Ahmed Hamam, 2016. "Enhancement of SO₂ Gas Sensing Performance Using ZnO Nanorod Thin Films: The Role of Deposition Time". Journal of Materials Science ISSN 0022-2461 (Print) 1573-4803 (Online) Volume 52 (Q1; Impact Factor 2.993)
- M. Al Qibtiya, E. C. Prima, **B. Yulianto**, Suyatman, 2016. "pH Influences on Optical Absorption of Anthocyanin from Black Rice as Sensitizer for Dye Sensitized Solar Cell TiO₂ Nanoparticles". Materials Science Forum ISSN 02555476 Volume 864 (Q3)
- E.C. Prima, **B. Yulianto**, Suyatman, H.K. Dipojono, 2016. "Charge Transfer Dynamic of Highly Efficient Cyanidin-3-O- Glucoside Sensitizer for Dye-Sensitized Solar Cells". Journal of Physics: Conference Series ISSN: 1742-6588 (print); 1742-6596 (web) Volume 739 (Q3; Impact Factor 0.477)
- Nugraha, A.G. Saputro, M.K. Agusta, **B. Yulianto**, H.K. Dipojono, and R Maezono, 2016. "Density functional study of adsorptions of

- CO₂, NO₂ and SO₂ molecules on Zn(0002) surfaces". Journal of Physics: Conference Series ISSN: 1742-6588 (print); 1742-6596 (web) Volume 739 (Q3; Impact Factor 0.477)
- Eka Cahya Prima, Mariya Al Qibtiya, **Brian Yulianto**, Suyatman, 2016. "Influence of Anthocyanin Co-Pigment on Electron Transport and Performance in Black Rice Dye-Sensitized Solar Cell". Ionics ISSN 0947-7047 (Print) 1862-0760 (Online) Volume 22 24 (Q1; Impact Factor 2.347)
- Ni Luh Wulan and **Brian Yulianto**, 2016. "Review-The Development of Gas Sensor Based on Carbon Nanotubes". Journal of The Electrochemical Society ISSN 00134651 Volume 163 (Q1; Impact Factor 3.662)
- Ahmad Nuruddin, **Brian Yulianto**, Suyatman, and Agung Sriwongo, 2015. "Formation of Porous Anodic Alumina from Impure Aluminum Foil in Inorganic Acids". Advanced Materials Research ISSN 1662-8985 Volume 1112 (Q4)
- **Brian Yulianto**, S. Julia, M. Iqbal, MF. Ramadhani, Nugraha, The Effect of Tin Addition to ZnO Nanosheet Thin Films for Ethanol and Isopropyl Alcohol Sensor Applications, Journal of Engineering and Technological Sciences 47 (1) 76–91, 2014 (Q3)
- **Brian Yulianto**, L. Nulhakim, MF. Ramadhani, M. Iqbal, A. Nuruddin, Improved Performances of Ethanol Sensors Fabricated on Al-Doped ZnO Nanosheet Thin Films, IEEE Sensors Journal 15 (7), 4114–4120, 2015 (Q1, Impact Factor: 2.617)
- G.W.P. Adhyaksa, EC. Prima, DK. Lee, Suyatman, **Brian Yulianto**, JK. Kang, A L A Light Harvesting Antenna Using Natural Extract Graminoids Coupled with Plasmonic Metal Nanoparticles for Bio-Photovoltaic Cells, Advanced Energy Materials (Q1, Impact

Factor: 21.875)

VII. PENGHARGAAN

- Peringkat 1 Dosen Berprestasi ITB Bidang Sains dan Teknologi pada Tahun 2017.
- Penghargaan ITB Bidang Karya Inovasi Tahun 2015.

VIII. SERTIFIKASI

- Sertifikasi Dosen Profesional, pada 24 Agustus 2011, Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia.